

*К. Е. Орлов, Р. В. Радченко*

Уральский федеральный университет г. Екатеринбург

konstantin\_orlov\_98@mail.ru

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВОДЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ РЕЗОНАНСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ

*В работе изложена методика и основные результаты теоретического расчёта резонансных длин волн и частот поглощения СВЧ излучения для основных структурных составляющих жидкой воды в интервале температур 293–353 К.*

*Ключевые слова: резонансная частота; структурные составляющие; длина волны.*

*K. E. Orlov, R. V. Radchenko*

Ural Federal University, Ekaterinburg

## STUDYING THE STRUCTURE OF WATER AND DETERMINING THE FREQUENCY OF THE RESONANT ABSORPTION OF MICROWAVE RADIATION

*This work describes the methodology and the main results of the theoretical calculation of the resonant wavelengths and microwave absorption frequencies for the main structural components of liquid water in the temperature range of 293–353 K.*

*Keywords: resonance frequenc; structural components; wavelength.*

В настоящее время подавляющее большинство атомных и тепловых электростанций в качестве теплоносителя используют воду. Основной принцип работы этих станций заключается в превращении жидкой воды в пар, который будет вращать турбину для выработки электроэнергии.

Поэтому снижение затрат энергии на испарение воды является актуальным вопросом на сегодняшний день. На данный момент одним из самых эффективных, но пока не реализованных, методов, позволяющих это осуществить, является уменьшение числа сложных структурных составляющих молекул воды, т.е. разрыв водородных связей.

Полагая, что структура воды состоит в основном из мономолекул, димеров и тетраэдров, в силу различия их линейных и объемных размеров, каждая структурная единица будет иметь собственную частоту колебаний.

Логично предположить, что подобное разрушение водных ассоциатов произойдет при частотах колебаний воды, близких или равных резонансной частоте колебания.

В данной работе описана теоретическая методика расчета этих частот, не углубляясь в тонкости практического применения полученных данных.

Основой нашей методики стало предположение что вода имеет квазикристаллическую структуру и во время встречи молекулы ведут себя как гармонические осцилляторы, оси которых направлены так, что молекула движется по сферическому объёму. Данное предположение было удачно применено Самойловым [1, с. 253–260; 2, с. 117–121]. Из выражения для среднего периода колебаний, получим формулу частоты

$$\nu = \frac{3}{2 \cdot a} \cdot \left( \frac{k \cdot T}{\pi \cdot m} \right)^{1/2} \quad (1)$$

где  $a$  – средняя амплитуда колебаний;

$m$  – приведённая масса колеблющейся частицы;

$k$  – постоянная Больцмана;

$T$  – абсолютная температура в К.

Если величину  $a$  принять равной удвоенному линейному расширению квазирешетки жидкости при изменении температуры от абсолютного нуля до  $T$ , то пренебрегая колебаниями при абсолютном нуле, получим выражение

$$a = 2 \cdot \alpha \cdot T, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения жидкости.

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (3)$$

где  $c$  — скорость света в вакууме  $3 \cdot 10^{10}$  см/с.

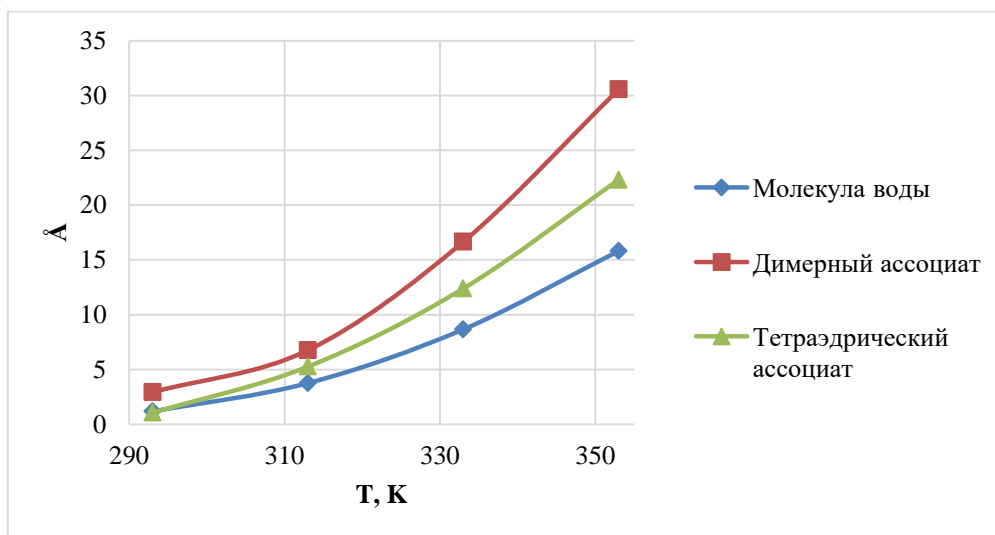
В справочной литературе приведены значения коэффициента объемного расширения воды в интервале температур  $0...80$  °C:  $0^\circ - 1$ ;  $20^\circ - 1,0016$ ;  $40^\circ - 1,0076$ ;  $60^\circ - 1,0168$ ;  $80^\circ - 1,0287$  [3, с. 310].

Нами были рассчитаны габаритные размеры структурных составляющих воды. Получены следующие результаты:

$$D_{H_2O} = 2,319 \text{ \AA}; D_{(H_2O)_2} = 4,638 \text{ \AA}; D_{\text{тетр}} = 3,34 \text{ \AA}.$$

При расчёте резонансных частот приращение диаметра за счет теплового движения молекулы  $\Delta D$  приравнивалось к коэффициенту линейного расширения жидкости  $\alpha$  в формуле (2).

С учётом всего сказанного, используя формулы (1), (2) и (3) были рассчитаны резонансные частоты и длины волн структурных составляющих воды для интервала температур  $293-353$  К. Результаты зависимости амплитуды колебаний от температуры для наглядности представлены на графике (рисунок). Результаты расчётов сведены в таблицу.



Влияние температуры на амплитуду колебаний

Значения амплитуд колебаний, резонансных частот и длин волн от температуры воды

Т, К	Молекула H <sub>2</sub> O, R = 2,319 Å			(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> , R = 4,638 Å			(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> R = 3,34 Å		
	a, Å	$\nu$ , 10 <sup>10</sup> гц	$\lambda$ , см	a, Å	$\nu$ , 10 <sup>10</sup> гц	$\lambda$ , см	a, Å	$\nu$ , 10 <sup>10</sup> гц	$\lambda$ , см
293	1,172	8,381	0,357	2,93	2,378	1,262	1,054	4,671	0,642
313	3,756	2,702	1,1	6,76	1,065	2,817	5,258	0,964	3,112
333	8,658	1,21	2,479	16,65	0,446	6,72	12,387	0,4242	7,072
353	15,814	0,682	4,397	30,558	0,250	12	22,309	0,242	12,39

Рабочая частота СВЧ печи равна 2,45 ГГц, что соответствует резонансной частоте, найденной с помощью нашей методики. Из уравнения (3) следует, что длина волны резонансного поглощения СВЧ излучения будет равна 12,24 см. Эта величина хорошо согласуется с результатами наших расчетов и подтверждает вывод, что структурно вода состоит из димерно-тетраэдрических ассоциатов, имеющих наиболее близкую длину волны к длине волны резонансного поглощения воды СВЧ излучения.

Список использованных источников

1. Френкель И. Я. Кинетическая теория жидкостей. М.-Л. : Изд. АН СССР, 1945. 424 с.
2. North A. M. The Collision Theory of Chemical Reaction in Liquids. London–New York : Methuen, 1964. 145 p.
3. Краткий справочник химика / сост. В. И. Перельман ; под общ. ред. чл.-корр. АН СССР Б. Н. Некрасова. Изд. пятое, стер. М. : Госхимиздат, 1956. 559 с.